

# 电力系统

华中工学院电力网及电力系统教研室編

水利电力出版社

7  
23f

# 电力系统

华中工学院电力网及电力系统教研室編

經前高等教育部审定为水能动力装置专业試用教材

314989/06

水利电力出版社

## 內 容 提 要

本书从电力系统整体出发，比較全面的論述了电力系统的有关問題。除了对电力系统的一般概念、电力系统元件的特性、电力系统的經濟特性、电力系统的运行稳定性以及电压和周率的調整等問題作了比較詳細的闡述外，对于远距离輸电和电力系统的調度管理等問題也作了概要的討論。此外，本书还介绍了电力系统的主要計算方法，并附有若干数字例題，以輔助理論的闡述。

本书可以作为水能动力装置专业的教材和热能动力装置、电机电器、工业企业供电、力能經濟专业及中等技术学校发电厂电力网电力系统专业的参考书，也可供从事于电力系统工作的工程技术人员参考。

## 电 力 系 統

华中工学院电力网及电力系统教研室編

\*

848D 009

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里沟）

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行，各地新华书店經售

\*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 开本 \* 12%印張 \* 279千字 \* 定价(第10类)1.60元

1958年7月北京第1版

1960年9月北京第2次印刷(4,601—8,720册)

## 序 言

本書系受高等教育部的委託，為水能動力裝置專業而編寫的。

本書的主要內容，根據蘇聯莫斯科動力學院1955年制訂的教學大綱併結合我國實際情況，並參考我國高等工業學校水能動力裝置專業已修訂的教學計劃進行編寫的。在編寫中，也適當地照顧了本專業以外其他人員的需要。

在編寫本書時，我們着重從電力系統整體出發，希望給讀者以比較全面的概念。因此我們首先介紹了電力系統的一般概念及其技術特點，並綜合地介紹了世界各國在這方面的成就及發展方向。其次，較詳盡地介紹了電力系統各元件的特性及其運行情況，以期讀者對構成電力系統的各元件，有比較明確的認識。然後從對電力系統運行的要求出發，討論了電力系統運行的經濟性、可靠性及電壓與頻率的調整。為了使讀者對日益發展的電力系統中所發生的並聯運行的穩定性問題有較明確的概念，在本書中用了較多的篇幅，討論了電力系統運行的穩定性。此外，為了配合我國水力資源的開發與遠距離輸電的發展，本書還概括地討論了遠距離輸電的主要問題；同時對於電力系統的調度管理也作了扼要的敘述。

本書不僅敘述了上述問題的理論方面，並且也闡述了電力系統的主要計算方法。

雖然本書是由集體編寫，並已在本院試教兩遍，前後經過數次修改，但由於編者的學識經驗有限，加以時間比較匆促，書中謬誤之處，在所難免，我們熱忱地歡迎各方面對本書的批評和意見。

華中工學院電力網及電力系統教研室

一九五七年十二月

# 目 录

## 序 言

<b>第一章 緒論</b> .....	5
§1-1 动力系統和电力系統的概念.....	5
§1-2 电力系統的技术特点.....	6
§1-3 建立联合电力系統的优越性.....	7
§1-4 动力系統的結綫图及系統的主要元件.....	10
§1-5 电力网的电压.....	12
§1-6 电力系統运行方式的概念.....	15
§1-7 对电力系統运行的主要要求.....	16
<b>第二章 电力系統各个元件的特性</b> .....	20
§2-1 概述.....	20
§2-2 电力系統的負荷及其静态特性.....	21
§2-3 同步发电机的参数.....	24
§2-4 同步发电机的允許負荷.....	27
§2-5 变压器参数及等值电路.....	31
§2-6 变压器的允許負荷.....	38
§2-7 电力网綫路的結構.....	41
§2-8 架空綫路导綫的材料和結構.....	43
§2-9 架空綫路的絕緣子和金具.....	46
§2-10 架空綫路导綫的排列.....	50
§2-11 架空綫路的支柱.....	51
§2-12 电力网的电纜綫路.....	58
§2-13 电力网結綫图的概述.....	64
§2-14 电力网的綫路参数.....	72
§2-15 电力网络的等值电路.....	78
§2-16 导綫与电纜的容許电流.....	80
<b>第三章 电力系統的經濟特性</b> .....	82
§3-1 概述.....	82
§3-2 电力系統綫路中的功率損耗.....	83
§3-3 电力系統綫路中的电能損耗.....	86
§3-4 最大功率損耗時間 $\tau$ .....	88
§3-5 变压器中的功率損耗和电能損耗.....	89
§3-6 輸电成本和电纜及导綫的經濟合理截面.....	93

§3-7	降低电力网中能量損耗的方法	98
§3-8	电力系统中有功負荷的經濟分配	104
§3-9	电力系統中无功功率的分配	112
<b>第四章</b>	<b>电力系统功率分布及电压的計算</b>	<b>113</b>
§4-1	概述	113
§4-2	电压变动对电力用戶运行情况的影响	113
§4-3	开式网络电压及功率分布的計算	114
§4-4	在用戶母綫上的允許电压偏移	121
§4-5	变压器抽头的选择	123
§4-6	兩級电压电力网的計算	127
§4-7	兩端供电綫路的計算	130
§4-8	用网络变换法計算复杂閉式网络	135
<b>第五章</b>	<b>电力系统运行的稳定性</b>	<b>146</b>
§5-1	概述	146
§5-2	功率特性曲綫	148
§5-3	系統靜态稳定的概念	150
§5-4	系統动态稳定的概念	152
§5-5	靜态稳定储备	156
§5-6	功率特性的一般求法	157
§5-7	理想功率极限的算例	162
§5-8	自动电压調整器对功率极限的影响	166
§5-9	实际功率极限	168
§5-10	电力系统負荷稳定的概念	170
§5-11	分析电力系统动态稳定过程的基本前提	172
§5-12	分析动态稳定过程时的电力系统等值网络	173
§5-13	面积定則	176
§5-14	分段計算法	182
§5-15	联接到无限大功率母綫的发电厂动态稳定的算例	186
§5-16	复杂电力系统动态稳定的概念	191
§5-17	提高电力系统运行可靠性的主要措施	195
§5-18	电力系統中同步发电机的异步运行和自整步	199
<b>第六章</b>	<b>电力系統中电压和頻率的調整</b>	<b>201</b>
§6-1	概述	201
§6-2	电压調整的要求和基本方法	204
§6-3	借无功功率的重新分布調整电压	207
§6-4	同步补偿机和靜电电容器的比較	211

§6-5	按調压要求選擇补偿設備容量	213
§6-6	利用发电厂的发电机作为同步补偿机	217
§6-7	利用調压变压器进行調压	219
§6-8	电力系统中的电压調整	222
§6-9	电力系統中周率变化的概念	226
§6-10	周率調整	231
<b>第七章</b>	<b>远距离輸电</b>	<b>235</b>
§7-1	概述	235
§7-2	輸电綫路的基本方程式	237
§7-3	輸电綫路輸送自然功率时的运行情况	238
§7-4	綫路长度与傳輸功率极限和电压相角間的关系	241
§7-5	在 $1/4$ 波长及 $1/2$ 波长綫路上輸电时电压及电流的变化	243
§7-6	交流远距离輸电綫路的运行方式	246
§7-7	提高远距离輸送能力的方法	250
§7-8	高压直流輸电系統	262
§7-9	高压交流远距离輸电和直流远距离輸电的比較	265
<b>第八章</b>	<b>动力系統調度</b>	<b>269</b>
§8-1	概述	269
§8-2	調度管理的任务	270
§8-3	調度管理机构	271
§8-4	动力系統調度人員的职責	274
§8-5	調度設備	277
<b>附录:</b>		
1.	裸銅綫、裸鋁綫及鋼芯鋁綫的截面积、直徑、股数及其电阻	280
2.	ACO型鋼芯鋁綫暫行规范	281
3.	单股鋼(鉄)綫	282
4.	多股鋼綫	282
5.	导綫的物理工程特性	283
6.	架空綫路的感抗和电阻(計三表)	284
7.	架空綫路和电纜綫路的电納(計三表)	286
8.	鋼綫的电阻和內感抗(計三表)	288
9.	裸綫的持續容許电流(計二表)	290
10.	紙絕緣鋼芯电纜的持續容許电流(計六表)	291
11.	同步发电机和同步补偿机的参数	294
12.	同步补偿机	295
13.	油浸式电容器	295
14.	油浸式电力变压器(計七表)	296
15.	穩定計算中的标么值	301
<b>主要参考書籍</b>		<b>303</b>

# 第一章 緒 論

## § 1-1 動力系統和電力系統的概念

在電力工業的發展初期，電能是直接在使用地區附近生產的，如在工廠或城市的附近，他們多半是孤立的電廠，沒有互相聯繫起來。由於在一個國家內的動力資源和動力集中消費的地區，往往不是一致的，譬如說水力集中在江河的流域，特別在水位差最大的地方，熱力則集中在有煤、泥煤、石油等礦床和有可燃氣體噴出的地區，而許多大的工業區域或都市，由於各種原因，例如要靠近原料產地或消費中心，或者受地理、歷史條件的限制，可能與動力來源相隔很遠。這樣就必須將電能經由高壓送電綫，輸送到很遠的用戶處，因此有必要在發電廠與用戶之間建立起升壓和降壓變電所。為了保證供電的可靠性和運轉的經濟性，發電廠之間也應該互相聯繫。這樣就由個別孤立的電源，通過各種不同電壓等級的電力綫路，首先是在一個地區之內的互相聯繫，後來發展到地區與地區之間的互相聯繫，以組成一個龐大和統一的機構。由發電廠、變電所及用戶的用电用熱設備，其互相間以電力網及熱力網連接起來的總體，叫做“動力系統”。而動力系統中的一部分，即由發電機、配電裝置、昇壓及降壓變電所、電力網及用戶的用电設備所組成的部分稱為“電力系統”。換句話說，電力系統與動力系統的區別，在於前者不包括熱力或水力部分，也就是說，不包括有關原動機和供給原動機力能的部分以及供熱和用熱設備。

電力系統的一部分，包括變電所和各種不同電壓等級的綫路叫做電力網。電力網是依照電壓來區分的。廣義的電力網，不僅包括了組成電力網的綫路，並且也包括了變電所和所有的電氣裝置，例如開關設備以及為了操作開關，及調整電壓等項的相當的器具和計量儀表。

欲研究電力系統中所有的問題，在一門課程內，顯然是不可能的。本書的內容，將給予初學者以電力系統整體的概念，包括介紹電力系統個別元件的特性，特別着重敘述電力系統的經濟特性、電力系



統一計算方法、電力系統運行的穩定性以及系統中電壓和頻率的調整等等。此外也涉及一些超高壓輸電和系統調度管理工作的知識，這些都是作為一個電力系統運行工作人員所必需的知識。

## § 1-2 電力系統的技术特点

電能的生產與其他工業部門的生產是不相同的。因此，電力工業在技術上也就有某些與其他工業不相同的特点。正由於這些特点，對電力工業的生產管理、設備裝置等方面，提出一些特殊的要求。

(1) 電能不能儲藏的。電力系統中發電廠發電量的多少，決定於用戶的需要，發電和用電是平衡的。電能的產生、分配和消費是在同一個時間內進行的。正因為這樣，從發電到用電的各個環節中，任何一個環節發生故障或其運行方式發生變化，均將影響整個電力系統電能的生產和供應。例如，系統中發電機發生故障，用戶就可能得不到足夠的電能的供應，反過來，即使發電機的運行是正常的，但用戶的用電器具發生故障，同樣電能的生產和供應也受到影響。同樣可以說明，電力系統中其他主要元件的故障或其運行情況的變化，均將影響整個電力系統。因此，電能的生產、分配和消費過程的同時性，就使電力系統中各個元件和各個環節形成了一個有机的整體。

(2) 電力系統的電磁過渡過程非常迅速，例如，波動的過程是在千分之几、甚至百萬分之几秒內完成的，其他如短路及發電機運行穩定性的喪失過程等都是十分之几秒或几秒之內完成的。因此，為了防止某些過渡過程對系統元件和運行的危害，需作某些相應的調整，而且要求非常靈敏和迅速。要達到這一個目的，靠人工進行操作和調整，顯然是不能獲得滿意的效果的。因此，必須採取特殊的自動設備，來迅速地完成我們所要求的任務。由此可見，電力系統過渡過程很迅速的特点，就促使了電力系統中自動裝置的廣泛採用。

(3) 電力工業和國民經濟各部門間有着極其密切的聯繫。隨着技術的發展，各個工業部門廣泛地利用電能進行生產，人民的日常生活中，也廣泛的使用着用電器具。電能的不足或停止供應，將直接影響國民經濟各個部門的發展或使生產停頓，同時，也將影響人民日常生

活。因此，要求電力系統的運行，應該高度可靠，並在任何時候都應該保證國民經濟各個部門和人民日常生活所需要的電能的供應。這樣，便決定了電力工業應該優先發展，因而它是“先行”的工業。為了保證供電的可靠和準備隨時滿足國民經濟各個部門和人民日常生活所需電能增長的要求，它必須建立起必要的備用容量，就是說電力系統中發電機設備容量，總是比電力系統實際需要的容量大一些。

### § 1-3 建立聯合電力系統的優越性

隨着電力工業的發展，把各個孤立的發電廠聯結成電力系統，並且進一步把這些較小的系統聯結成巨大的聯合電力系統，已成為目前電力工業發展的趨向。把由各個孤立發電廠供電的系統聯合起來，在技術上和經濟上都可以收到極大的效益，就是說，建立聯合電力系統有很大的優越性。歸納起來，有下述幾個主要的優點：

(1) 減少系統中裝機容量：電力系統中各個用戶的最大負荷並不是同時出現的，因此，系統中綜合起來的最大負荷，將小於各個用戶最大負荷相加的總和。系統中用戶用電的特性愈不相同，和用戶的數目愈多時，這一種降低總負荷最大值的作​​用也愈顯著。由於系統中最高負荷的降低，相應的就可以減小系統中總的裝機容量。如果這些用戶，都是由孤立的發電廠供給電能，那麼，各個發電廠的裝機容量就必須至少等於各個發電廠所供負荷的總和，這樣，總的裝機容量，便較成立聯合電力系統時要多一些。除此以外，在電能的供應中，為了保證供電的可靠，必須在發電廠中建立起必要的備用容量，以防止當某一台發電機發生事故時，造成用戶供電的中斷。如果各個電力系統是孤立的，那麼，在每一個孤立的系統，都必須建立這一種事故備用容量，其數值通常應該等於系統總容量的10~15%，且不小於一台最大機組的容量。但是，如果把各個孤立的系統聯結起來，此時這一種事故備用容量便可以公用，當任意一個電廠中某一台發電機發生故障時，其他與之相連結的發電廠都可以支援，保證供電的持續可靠。這樣一來，顯然系統中總的備用容量，比各個孤立系統備用容量的總和可以減少一些。由於上述兩個理由，建立起聯合的電力系統以後，可

以減少总的装机容量。

(2)能够充分的利用动力资源：很多能源如果不与系統相联结，很难充分利用。例如，背压式供热机组，其发电量是由热力負荷所确定的，而热負荷的需要与电負荷的需要，往往不能互相配合，因此，想孤立的利用背压式供热机组来供应用户的电能，几乎是不可能的。其他如利用二次能源来发电时，由于二次能源的多少，决定于产生二次能源企业的生产过程。例如冶金工业中所产生的瓦斯，它只决定于冶炼的生产过程，而並不一定能与用户需要的发电量相配合。电負荷很大时，也許二次能源很少，因此，利用这一种能源发电，也只有把发电机联结在大的电力系统时，才能使这种能源获得充分利用，因为这时电能的供应，可以在电力系统各个发电厂間进行調剂，分配給这些利用二次能源的发电机担負与其能源相适应的电負荷。其它如风力和水力能源是由气象和水文条件所决定的。要充分的利用它們，也只有当水力发电站和风力发电站与电力系统相联结时，才有可能。

(3)可以充分的发挥水电站的作用：上面已經指出，水力资源的大小决定于河流的水文情况，而河流的天然流量，往往不能与电力用户的需要相配合；在丰水期，水量很多，而用电較少，相反的在枯水期(冬季)，水力资源少，但此时电力負荷通常反而增高，这样，水力资源的利用，也就受了限制。如果把水电站与电力系统相連結，由于电力系统中有许多火电站和其它水电站，它們的运行情况(即每一个时期的出力)，可以互相配合，使水力资源获得充分利用。同时，具有調节水庫的水电站，参加系統的运行，也可以改善系統中火力发电厂的运行情况。例如，讓水电站担負尖峯負荷，即担負負荷的变化部分，而火电站則可按比較恒定的負荷运行，这样便改善了火电站的运行情况，而使火电站的煤耗降低。

(4)提高供电的可靠性：由孤立的电厂供电时，一方面在电厂中很难建立起足够的备用容量，同时，当有机組檢修时，万一再有机組发生故障，也可能引起供电的停頓。但在大的电力系统內，要建立足够的备用容量，是比較容易做到的，备用机组的台数，可能也比較多，而在系統中，几台机组同时故障的机会是很少的。因此，在联合电力系统

中电能供应的可靠性，要比孤立的发电厂供电要高得多。如果从国防上来考虑，联合电力系统对供电可靠的保证，比孤立电厂更要好得多。

(5)提高运行的经济性：联合电力系统，对于运行经济性的提高，除了前面叙述的由于充分的利用了动力资源和发挥了水电站的作用以外，在系统中还可以经常使最经济的发电机组多带负荷，而效率很低的机组或者燃烧优质燃料的机组，少带负荷，这样更能进一步的提高运行的经济性。

除了上述这些优点以外，由于联成了巨大的联合系统以后，便可以在系统中加装大容量的机组，来代替加装许多小型的机组，因为建设大型机组每一吨设备容量的投资，和生产每一度电能的燃料消耗以及维护费用都比建设台数很多的小机组便宜。采用联合系统，为了满足增长的负荷，可以不在各个工业区域内修建小型或中型，且机组容量又较小的发电厂，而在系统中有计划的选择条件更有利的地点逐步修建大型发电厂，通过输电线路联系起来。这样，将大大发展电力网络，为实现国家的电气化创造了条件，而又节省了大量资金，同时也可能根据工矿企业原料和成品产销地以及运输条件等，全盘考虑更合理的布置工矿企业。

以上这些优点，说明了建立联合系统的合理性。为了实现联合电力系统，对于系统间的联络输电线路，必须要求具有足够的输电能力。因为在不同的时间里面，由于一系列的原因，个别动力系统运行容量大大改变，特别在系统中，有受水文条件及水库运行方式影响的水电站时，既可能发生功率过剩，也可能发生功率不足。过剩的情况，可能在某一系统中，由于有较大的新的电厂开始投入运行。不足的情况，可能是由于新电厂应该投入运行的时间延迟，水电站遇到枯水或由于大机组检修、发生事故以及负荷的迅速增长等原因。因此，应该强调系统联络线必须具有足够输送能力，才能够顺利的调度联合电力系统的功率，保证对用户供电可靠，以及儘量利用电力系统并列运行时所具有的一切优点。

需要提到另外一个重要条件，就是只有在社会主义制度的国家，才可能从整个国民经济的发展来考虑电力事业的建設問題。苏联和我

国的电力系统的特点，都充分说明了这一点，他突出的表现在系统的计划性和整体性上，对于大用户的位置，有计划的正确分布，考虑了动力资源的供应，因而减少了输电费用。在苏联全国电力系统所采用的电压和频率，早已标准化，不像某些资本主义国家，例如美国，电压等级过多，频率也还没有完全统一，因而使电机电器生产规格，难于划一，造成不便，增加投资。有关综合生产电能和热能方面，苏联电力工业对此给予了很大的注意，目前苏联热电厂容量已为美国的6倍。并且，在苏联的电力系统中，大力的利用了地方性燃料和低质燃料，建设了大量水电站，因而充分的利用了动力资源减少燃料运输，使发电成本大大降低。对于动力装置利用率方面，苏联远较资本主义国家为高。苏联在这方面采取了许多措施，使一切设备能够得到充分利用，从而可以节减基建投资，国家可以把这些资金，用作其他建设事业。所有这一切，在资本主义社会制度条件之下是很难全面办到的。对于社会主义制度国家，必将加速地实现联合电力系统，大大地推动国民经济的发展和繁荣，这是可以预见的。我国正在创造性的利用苏联电力工业建设的经验。

#### § 1-4 动力系统的结线图及系统的主要元件

图 1-1 表示一个大的动力系统(供热系统未画出)，包括一个巨型水力发电厂，两个区域火力发电厂和一个热电厂，彼此用电力网互相联系起来向用户供电。电力网电压的等级有 220、110、35 和 10—6 千伏等不同的电压，变电所 A 和 B 是系统中的枢纽变电所，变电所 A 装有 220/110 千伏双绕组变压器，变电所 B 装有三绕组变压器，电压 35 千伏用来馈电到足够广阔的地区，6—10 千伏的电压用来直接供电给靠近变电所的用户。变电所 B 和 T 是区域变电所，35 及 10 千伏以下的电路未画出。

由本图中可以看出动力系统是由两类元件组成：

第一类是输送元件，其主要任务为输送电能。

属于此类元件的如架空线路及电缆线路，断路器，隔离开关，发电厂和变电所的母线、管道及燃料输送设备等。

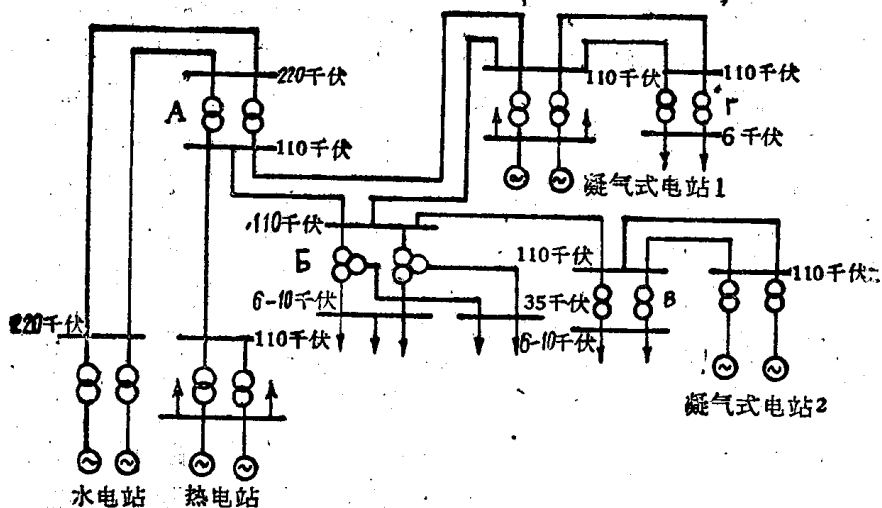


图 1-1 动力系统的結线图

第二类是交换元件，在这些元件中，一种形态的能量变换为另外一种形态的能量。

属于此类元件的如锅炉、汽轮机、水轮机、发电机、变压器、电动机、工作机械、照明及家用电具、整流器、反流器和变频器等，在本图中并未绘出全部元件。

通过以上这些元件，达到使不同形式的能量变换成为电能，然后输送出去，分配到各用户再转变成为其他形式的能量，而完成所应做的工作。

以下我们将研究的，只限于组成电力系统的各个元件，也就是产生电能、分配电能和变换电能的元件，例如发电机、输电线、变压器和用电器具等的特性。

下面谈一谈元件的“运行参数”与元件的“本身参数”的意义。所谓运行参数，是指在元件输入端和输出端处，表明能量交换和输送过程的变化物理量，而元件本身的参数是在这一过程中表明该元件特性的物理量。

举一个具体例子来说明：变压器是组成电力系统的一个具体元件，在变压器一次侧即输入端加上某一电压、电流和功率，可以在变

压器二次側，即輸出端得到不同的电压、电流和功率。变压器本身有鉄耗、銅耗，需要消耗一定的有功功率；具有一定的漏电抗和为了建立起磁場需要消耗一定的无功功率。根据它們，可以决定变压器的阻抗和导納。以上所說的变压器一次側和二次側的电流、电压和功率，为变压器輸出端和輸入端的运行参数；而变压器的阻抗和导納則为变压器的本身参数。元件本身参数一般可用实验和計算的方法来加以决定。已知系統中各个元件的参数后，則元件的特性也随之而决定。在給定的条件下，根据各个元件的特性，可以分析整个系統运行的特性。

### § 1-5 电力网的电压

在任意电压上安装电工装置是不合理的。这样，制造厂家就不可能进行标准化的大量生产，一切电工設備，都应按标准化电压进行制造。表 1-1 列出我国电力工业部所公佈的标准化电压。各項設計人

表 1-1 三相交流电的額定电压(週率50周波)

受电器的額定电压 (綫間)	額定端电压(綫間)		
	發电机	变 压 器	
		一 次 綫 卷	二 次 綫 卷
	单 位 为 伏		
(127)	(133)	(127)	(133)
220	230	220	230
380	400	380	400
	单 位 为 仟 伏		
3	3.15	3及3.15	3.15及3.3
6	6.3	6及6.3	6.3及6.6
10	10.5	10及10.5	10.5及11.0
—	15.75	15.75	—
35	—	35	38.5
60	—	60	63
110	—	110	121
154	—	154	169
220	—	220	242

本表列入( )內的电压只用于矿井下或其他保安条件要求較高处所。

員在进行设计中，应按已知的运用情况，选择最合适标准电压，对于不适合标准电压的装置，应逐步加以改造或淘汰。

受电器(电动机、白炽灯等)、发电机和变压器正常运行并具有最经济效果的电压，称为它们的额定电压。

受电器的额定电压等于电力网的额定电压。现在解释如下：

设供电给电力网  $ef$  部分的发电机  $G$  是在额定电压下运行(图 1-2)。由于线路中有电压降落，受电器 1—4 将受到不同的电压。线路始端电压  $U_1$  大于末端电压  $U_2$ 。设直线  $U_1, U_2$  代表电压的变化规律(电压沿线路的变化图事实上是一根折线)。

由于生产的标准化，不可能按照上述直线所示的所有电压来制造受电器。

此外，电力网中各点的电压，也并不是恒定的，它随昼夜季节不同而变化。因此，究竟受

电器应按  $U_1$  和  $U_2$  间的那一个电压制造才会运行得最好呢？假如所有受电器的端电压与额定电压之差愈小，则它们就运行得愈好，显然应该采取  $U_1$  和  $U_2$  的算术平均数  $U_H = (U_1 + U_2) / 2$  作为受电器的额定电压。这电压也就是电力网的额定电压。

一般电力网中的电压降落约为 10%，因此发电机的额定电压比它接入电力网的额定电压要高 5%，例如在额定电压为 6 仟伏的电力网中，发电机的额定电压为 6.3 仟伏。线路始端电压比电力网的额定电压高 5%，而线路末端的电压则比电力网的额定电压低 5%，因而在线路电压降落 10% 时，保证各受电器得到满意的运行。

再研究电力网中的  $cd$  段(图 1-2)。不难看出，变压器  $T_2$  二次绕组的额定电压，应比电力网的额定电压高些。我国的变压器就是这样制造的。这说明了为什么在上表中变压器二次绕组的额定电压要比电力网的额定电压高出 10% (例如 35 和 38.5 仟伏)。变压器二次绕组的额定

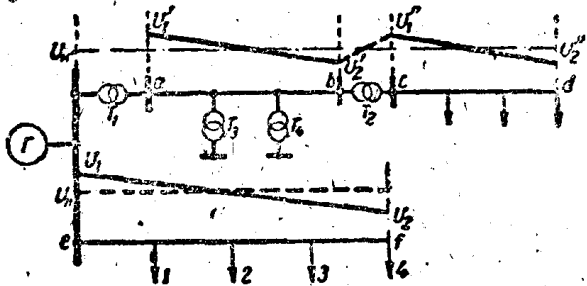


图 1-2 电力网中电压的变化



电压是在无载情况下测定的；当满载时，由于变压器本身中的电压降落，二次绕卷的端电压将比无载时约降低5%，因而由二次绕卷供电的线路始端的电压，约比电力网额定电压高出5%。当二次绕卷供电的线路很短时，沿线路的电压变化就比较小，在这些特殊情形中，可以采用3.15、6.3和10.5千伏作为变压器二次绕卷的额定电压。

接到高压电力网的变压器 $T_2-P_1$ ，可以当做受电器看待，因而它们一次绕卷的电压与电力网的额定电压相等。当变压器接在发电机（它的电压比电力网额定电压高5%）附近的特殊情形中，为了使变压器一次绕卷电压与发电机电压相配合，可以采用3.15、6.3、10.5和15.75千伏作为变压器一次绕卷的额定电压。

在高压电力网的各点，电压是不同的。例如在线路 $ab$ 的始端，电压 $U'_1$ 约比电力网额定电压高5%，而线路末端的电压 $U'_2$ 约比电力网额定电压低5%；为了要在变压器一次绕卷受到不同的电压时，它的二次绕卷还能保证供给需要的电压，变压器的一次绕卷须具有用以改变变压比的若干分接头。适当地选择变压器的分接头，可以使受电器受到的电压非常接近于它的额定电压。

导线所用的有色金属，在输送同样功率时随着电力网电压级的提高而降低。但提高电力网的电压后，电力网控制和运行所需的仪器和机器的费用也随之增大。因此，在设计电力网时，选择电力网电压，必须采用技术经济指标最好的那一级电压。

一般在低压城市电力网和村镇电力网可以采用220/127伏和380/220伏的三相四线制的电力网。

对使用小功率电动机的车间，可以采用380/220伏作为车间电力网的电压。

如果工厂车间中要使用大型的电动机，可由3—6千伏或10千伏的电网直接供电。

工厂车间外面的电力网和高压城市电力网的电压为6—35千伏。对距发电厂很远的用户，可用35—220千伏的电压供电。

最后应该指出，额定电压标准的等级是根据国民经济发展的需要，经济技术上的合理性，以及电机电器工业制造水平等因素，经过全面